



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“EVALUACIÓN DE LA INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA  
EN LAS ZONAS INESTABLES DE LA PRESA  
TABLACHACA, HUANCVELICA - 2020”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título  
profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Bach. Richard Pool Yañez Albarran  
Bach. Agustín Domingo Vega Maza

Asesor:

Mg. Ing. Gonzalo Hugo Díaz García

Lima - Perú

2020

## **DEDICATORIA**

Esta tesis se la dedicamos a nuestras familias que siempre mantuvieron su apoyo incondicional en todo sentido, a pesar que se vivieron momentos muy difíciles ante las circunstancias mundiales que todos conocemos y pasamos en el 2020. También a todos nuestros amigos ingenieros que gracias a sus aportes en conocimiento y experiencia permitieron afianzar nuestra profesión.

## AGRADECIMIENTO

Richard P. Yañez Albarran

A mis padres quienes forjaron en mí, una persona íntegra de valores, determinación y compromiso en el difícil camino de la vida, a mi hermana por el ánimo y entusiasmo en terminar y presentar mi tesis.

Agustín D. Vega Maza

A los ingenieros y docentes por brindarme su apoyo y el conocimiento intelectual en mi carrera universitaria, a mis amigos y compañeros de la universidad por ser parte de mi vida que influyeron en mi desarrollo profesional.

A nuestro asesor el Ing. Gonzalo Hugo Díaz García por brindarnos la atención y tiempo necesario para realizar esta tesis, de forma adecuada y correcta.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	4
ÍNDICE DE TABLA .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
ÍNDICE DE ECUACIÓN .....	11
ÍNDICE DE ANEXO.....	12
RESUMEN.....	13
ABSTRACT .....	14
INTRODUCCIÓN.....	15
<b>CAPÍTULO 1.</b>	
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	15
1.2. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	16
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.3.1. Problema general .....	17
1.3.2. Problema específico .....	17
1.3.2.1. Problema específico 1.....	17
1.3.2.2. Problema específico 2.....	17
1.3.2.3. Problema específico 3.....	17
1.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	17
1.5. ANTECEDENTES.....	18
1.5.1. Estudios internacionales de procesos de instrumentación geotécnica .....	18
1.5.2. Estudios nacionales de procesos de instrumentación geotécnica.....	19
1.5.3. Estudio local de proceso de instrumentación geotécnica.....	20
1.6. JUSTIFICACIÓN .....	21
1.7. OBJETIVO.....	22
1.7.1. Objetivo general.....	22
1.7.2. Objetivo específico .....	22
1.7.2.1. Objetivo específico 1 .....	22
1.7.2.2. Objetivo específico 2 .....	22
1.7.2.3. Objetivo específico 3 .....	22

<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
2.1. INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA.....	23
2.2. INCLINÓMETRO VERTICAL.....	25
2.3. PIEZÓMETRO CUERDA VIBRANTE.....	30
2.3.1. <i>Funcionamiento</i> .....	31
2.4. ENSAYO DE PERMEABILIDAD-LEFRANC .....	33
2.4.1. <i>Ensayo de permeabilidad in - situ</i> .....	34
2.4.1.1. Ensayo de permeabilidad a carga constante .....	34
2.4.1.2. Ensayo de permeabilidad a carga variable.....	35
2.5. DEFINICIONES Y TÉRMINOS.....	39
<b>CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>44</b>
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	44
3.2. PERFORACIÓN DIAMANTINA EN LAS ZONAS INESTABLES N° 1 Y 2 .....	47
3.3. ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC .....	54
3.3.1. <i>Procedimiento de campo</i> .....	54
3.3.2. <i>Ensayo de permeabilidad a carga constante</i> .....	55
3.3.3. <i>Ensayo de permeabilidad a carga variable</i> .....	57
3.4. CÁLCULOS DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD LEFRANC .....	59
3.4.1. <i>Zona inestable N°1</i> .....	62
3.4.2. <i>Zona inestable N°2</i> .....	69
3.5. INSTALACIÓN DE TUBERÍA PIEZOMÉTRICA E INCLINOMÉTRICA.....	75
3.6. PUESTA EN MARCHA .....	83
3.6.1. <i>Inclinómetro vertical</i> .....	83
3.6.2. <i>Piezómetros de cuerda vibrante VW</i> .....	86
<b>CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....</b>	<b>91</b>
4.1. RESULTADO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1 .....	91
4.2. RESULTADO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2 .....	93
4.3. RESULTADO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3 .....	93
4.3.1. <i>Resultados en piezómetros de cuerda vibrante zona N° 1 y 2</i> .....	94
4.3.2. <i>Resultados en inclinómetros verticales de la zona N° 1 y 2</i> .....	97
<b>CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>103</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>105</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>107</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>110</b>

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla N° 1 Equipos principales empleados en instrumentación y monitoreo.....	25
Tabla N° 2 Tubería inclinométrica (guide casing), Sonda torpedo con adaptador, Cable graduado eléctrico con carrete y Unidad lectora portátil utilizado en el proyecto (sombreado gris).....	29
Tabla N° 3 Tipos de piezómetro utilizado en el proyecto (sombreado gris).....	30
Tabla N° 4 Tamaño de poros y conductividad hidráulica.....	33
Tabla N° 5 Coeficientes de permeabilidad y capacidad de infiltración .....	34
Tabla N° 6 Características de permeabilidad de suelos y sus métodos de medición .....	37
Tabla N° 7 Coeficiente de permeabilidad de diferentes tipos de suelos .....	38
Tabla N° 8 Correlación entre el coeficiente de permeabilidad, tipo de suelo y tamaño de las partículas .....	38
Tabla N° 9 Máquinas y métodos de perforación y utilizado en el proyecto (sombreado gris) .....	47
Tabla N° 10 Denominación y tamaño de la perforación para los diferentes diámetros utilizados en sondeos geotécnicos .....	48
Tabla N° 11 Registro y cálculo de $S/\emptyset$ .....	62
Tabla N° 12 Datos del medidor de caudal de agua para el D1-P-1, el caudal calculado a partir de la regresión lineal .....	62
Tabla N° 13 Resultado del coeficiente de permeabilidad “K” del D1-P-1 .....	63
Tabla N° 14 Registro y cálculo de $S/\emptyset$ .....	63
Tabla N° 15 Datos del medidor de caudal de agua para el D1-P-2, el caudal calculado a partir de la regresión lineal .....	64
Tabla N° 16 Resultado del coeficiente de permeabilidad “K” del D1-P-2 .....	64
Tabla N° 17 Registro y cálculo de $S/\emptyset$ .....	65
Tabla N° 18 Datos del medidor de caudal de agua para el D1-P-3, el caudal calculado a partir de la regresión lineal .....	65
Tabla N° 19 Resultado del coeficiente de permeabilidad “K” del D1-P-3 .....	66
Tabla N° 20 Registro y cálculo de $S/\emptyset$ .....	66
Tabla N° 21 Datos del medidor de caudal de agua para el D1-P-4, el caudal calculado a partir de la regresión lineal .....	67
Tabla N° 22 Resultado del coeficiente de permeabilidad “K” del D1-P-4 .....	67
Tabla N° 23 Registro y cálculo de $S/\emptyset$ .....	68
Tabla N° 24 Datos del medidor de caudal de agua para el D1-P-5, el caudal calculado a partir de la regresión lineal .....	68
Tabla N° 25 Resultado del coeficiente de permeabilidad “K” del D1-P-5 .....	69
Tabla N° 26 Registro y cálculo de $h_0$ y $h$ .....	69
Tabla N° 27 Datos registrados con el medidor de agua de la variación del nivel de agua para el D2-P-1, cálculo de la permeabilidad utilizando la expresión “b)” y cálculo del coeficiente de permeabilidad “K” utilizando la expresión “d)” ambas deducidas de la ecuación N°7; y grafico de la pendiente “m” para realizar los ajustes lineales en base al tiempo “t” en segundos y “ln (h/h <sub>0</sub> )” .....	70

Tabla N° 28 Registro y cálculo de $S/\emptyset$ .....	71
Tabla N° 29 Datos del medidor de caudal de agua para el D2-P-2, el caudal calculado a partir de la regresión lineal .....	71
Tabla N° 30 Resultado del coeficiente de permeabilidad “K” del D2-P-2 .....	72
Tabla N° 31 Registro y cálculo de $S/\emptyset$ .....	72
Tabla N° 32 Datos del medidor de caudal de agua para el D2-P-3, el caudal calculado a partir de la regresión lineal .....	73
Tabla N° 33 Resultado del coeficiente de permeabilidad “K” del D2-P-3 .....	73
Tabla N° 34 Registro y cálculo de $h_0$ y $h$ .....	74
Tabla N° 35 Datos registrados de la variación del nivel de agua para el D2-P-4 con el medidor de agua, cálculo de la permeabilidad utilizando la expresión “b)” y cálculo del coeficiente de permeabilidad “K” utilizando la expresión “d)” ambas deducidas de la ecuación N° 7; y grafico de la pendiente “m” para realizar los ajustes lineales en base al tiempo “t” en segundos y “ln (h/h <sub>0</sub> )” .....	74
Tabla N° 36 Resumen de Instalaciones de tubería.....	75
Tabla N° 37 Información de los piezómetros automatizados .....	91
Tabla N° 38 Resultados de coeficiente de permeabilidad.....	93

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Organigrama Empresa Sierra Alta Ingenieros S.A.C.....	16
Figura N° 2 Estudio y monitoreo de deslizamientos.....	23
Figura N° 3 Componentes de un sistema de inclinómetro vertical.....	26
Figura N° 4 1)Tubería (guide casing), 2)Sonda torpedo con adaptador, 3)Cable graduado con carrete y 4)Unidad lectora portátil.....	26
Figura N° 5 Dimensiones de una sonda de inclinómetro típica.....	27
Figura N° 6 Limitaciones de la sonda del inclinómetro dentro de la tubería curva de 70 mm de diámetro exterior (DE) y Diagrama exagerado de límites de curvatura por el cual puede pasar .....	27
Figura N° 7 Esquema del desplazamiento de un inclinómetro .....	28
Figura N° 8. Esquema del transductor de presión de cuerda vibrante .....	31
Figura N° 9 1)Transductor de presión, 2)Cable, 3)Datalogger, 4)Lab3 .....	32
Figura N° 10 Esquema del ensayo de permeabilidad a carga constante .....	35
Figura N° 11 Esquema del ensayo de permeabilidad Lefranc a carga variable.....	36
Figura N° 12 Ensayo de permeabilidad Lefranc de campo .....	37
Figura N° 13 Al pasar el flujo de agua a lo largo de las fracturas, se produce inicialmente una pérdida de resistencia por la eliminación de la succión y posteriormente, la generación de presión de poros.....	40
Figura N° 14 El efecto de deterioro.....	40
Figura N° 15 La saturación del perfil del suelo puede activar un deslizamiento.....	42
Figura N° 16 Esquema de un bloque sobre una pendiente. Al aumentar la pendiente aumenta $F_d$ (fuerza de empuje).....	43
Figura N° 17 a) Mapa Político del Perú.....	44
Figura N° 18 b) Departamento de Huancavelica .....	45
Figura N° 19 Imagen Satelital de las zonas inestables N° 1 y 2 .....	45
Figura N° 20 Imagen Satelital 3D, línea amarilla borde de las zona inestable N°1.....	46
Figura N° 21 Imagen Satelital 3D, línea amarilla borde de las zona inestable N°2.....	46
Figura N° 22 Varios tipos de brocas, de izquierda a derecha: Brocas de corte de tierra de tres hojas, Brocas de corte de roca con rodillo tricónico, brocas de dientes de carbolog tipo corona para cortar roca blanda y broca de diamante para perforación de roca.....	49
Figura N° 23 Instalación y nivelación de tornamesa .....	50
Figura N° 24 Partes estándar de máquina perforadora diamantina.....	50
Figura N° 25 Máquina perforadora y montaje.....	51
Figura N° 26 Máquina perforadora y montaje.....	51
Figura N° 27 Control de verticalidad con niveles de mano certificados nuevos e imantados .....	52
Figura N° 28 Control de verticalidad con niveles de mano certificados nuevos, certificados e imantados .....	53
Figura N° 29 Control Topográfico de verticalidad en la perforación para piezómetros de cuerda vibrante y en especial para inclinómetros verticales .....	53



Figura N° 30 El ratio de avance en la perforación y el cambio de presión requerida puede ayudar a identificar los cambios de estrato. Las pérdidas o ganancias de agua permiten definir presiones piezométricas y el flujo a través de las capas investigadas. La medida del nivel freático al final de un día e inicio del siguiente, permite cuantificar las permeabilidades e identificar aguas estáticas .....	54
Figura N° 31. Por ejemplo, para el punto D1-P5 de la zona inestable N° 1, se observa que antes de ingresar a suelo firme o roca, se presenta un estrato posiblemente permeable donde se pueda estar desarrollando la superficie de deslizamiento, discontinuidad y falla progresiva. Por ello la profundidad del ensayo se desarrolla entre los 19.55m y 21.15 m .....	55
Figura N° 32 Llenando de agua al interior de tubería de casing de acero en pozo perforado.....	56
Figura N° 33 a) Estructura metálica donde se coloca el medidor de caudal de agua y accesorios adicionales. b) Medidor de volumen de agua .....	56
Figura N° 34 Toma de datos durante la ejecución del ensayo de permeabilidad Lefranc a carga constante	57
Figura N° 35 Toma de datos como el tiempo y medición del volumen de agua en relación con los niveles de agua en el interior de tubería de casing de acero en pozo perforado .....	57
Figura N° 36 a) Medidor sonda de nivel de agua. b) Toma de datos del descenso del nivel de agua durante la ejecución del ensayo de permeabilidad Lefranc a carga variable .....	58
Figura N° 37 Etapa de registros del ensayo de permeabilidad Lefranc a carga variable, el ensayo dura aproximadamente una hora.....	58
Figura N° 38 De la figura N° 9, se deduce las dimensiones completaría que son registradas de campo .....	59
Figura N° 39 De la figura N° 9, se deduce las dimensiones completaría que son registradas de campo .....	60
Figura N° 40 Tubería ranurada con geotextil y tapa de fondo.....	75
Figura N° 41 Sujeción y vertido de arena N°20-40.....	76
Figura N° 42 Vertido de bentonita granular .....	76
Figura N° 43 a), b) y c) Vaciado de lechada por etapas hasta el nivel de superficie d) Verificación vertical de la tubería mientras fragua la lechada .....	77
Figura N° 44 a), b) y c) Colocación de tapa de fondo de tubería inclinométrica.....	78
Figura N° 45 Acople de tapa de fondo .....	79
Figura N° 46 Introducción de tubería inclinométrica .....	79
Figura N° 47 Tubería inclinométrica alineada.....	80
Figura N° 48 Acople entre segmentos de tubería inclinométrica .....	80
Figura N° 49 Junta de acople asegurada.....	80
Figura N° 50 Ranuras orientadas y tubería centrada.....	81
Figura N° 51 Dosificación de cemento más bentonita mezclado en el agitador.....	82
Figura N° 52 Se debe verificar siempre que la tubería inclinométrica se encuentre centrada y con la lechada cemento-agua bentonita hasta el nivel de superficie.....	82
Figura N° 53 Verifica verticalidad y orientación al termino de inyección y construcción de caja de protección. ....	82
Figura N° 54 Software Digipro2 .....	83
Figura N° 55 Equipos utilizados para la medición de la puesta en marcha .....	84

Figura N° 56 Ingreso del sensor en el A+.....	84
Figura N° 57 Ingreso del sensor en el A.....	85
Figura N° 58 A y B en sus unidades clásicas de “sen $\theta$ ”.....	85
Figura N° 59 Ejemplo de datos del inclinómetro de movimientos acumulados resultante en el eje a y b86	
Figura N° 60 Software LogView .....	87
Figura N° 61 Verificación y calibración de transductor en conexión con Datalogger.....	87
Figura N° 62 Ejemplo de hoja de parámetros de calibración del Transductor, las lecturas cero en el sitio deben coincidir con las lecturas de fábrica contenidos en los 20 dígitos después de efectuar las correcciones atmosféricas y de temperatura .....	88
Figura N° 63 Ingreso de Transductor configurado, con de barra de 30 cm (contrapeso evitará que flote).....	88
Figura N° 64 Ejemplo de ID de conectividad.....	89
Figura N° 65 Ejemplo de Sensor Setting .....	89
Figura N° 66 Esquema de conexión y puesta en marcha para piezómetro de cuerda vibrante VW .....	90
Figura N° 67 Diagrama de barras de perforación e instalación de tubería zona .....	92
Figura N° 68 Diagrama de barras de perforación e instalación de tubería zona .....	92
Figura N° 69 Mediciones de la puesta en marcha del piezómetro D1-P1 .....	94
Figura N° 70 Mediciones de la puesta en marcha del piezómetro D2-P3 .....	95
Figura N° 71 Mediciones de la puesta en marcha del piezómetro D2-P4 .....	96
Figura N° 72 D1-P2 Resultado en el eje A de los desplazamientos horizontales acumulados, componente A y B. Dirección del eje ranurado +A de la tubería inclinométrica: Azimut calculado $336^{\circ}13'46''$ según como quedo orientado en la instalación siguiendo el sentido del desplazamiento. ....	97
Figura N° 73 D1-P3 Resultado en el eje A de los desplazamientos horizontales acumulados, componente A y B. Dirección del eje ranurado +A de la tubería inclinométrica: Azimut calculado $354^{\circ}52'34''$ según como quedo orientado en la instalación siguiendo el sentido del desplazamiento. ....	98
Figura N° 74 D1-P4 Resultado en el eje A de los desplazamientos horizontales acumulados, componente A y B. Dirección del eje ranurado +A de la tubería inclinométrica: Azimut calculado $214^{\circ}12'57''$ según como quedo orientado en la instalación siguiendo el sentido del desplazamiento. ....	99
Figura N° 75 D1-P5 resultado en el eje A de los desplazamientos horizontales acumulados, componente A y B. Dirección del eje ranurado +A de la tubería inclinométrica: Azimut calculado $336^{\circ}48'05''$ según como quedo orientado en la instalación siguiendo el sentido del desplazamiento. ....	100
Figura N° 76 D2-P1 resultado en el eje A de los desplazamientos horizontales acumulados, componente A y B. Dirección del eje ranurado +A de la tubería inclinométrica: Azimut calculado $25^{\circ}07'59''$ según como quedo orientado en la instalación siguiendo el sentido del desplazamiento. ....	101
Figura N° 77 D2-P2 resultado en el eje A de los desplazamientos horizontales acumulados, componente A y B. Dirección del eje ranurado +A de la tubería inclinométrica: Azimut calculado $11^{\circ}35'30''$ según como quedo orientado en la instalación siguiendo el sentido del desplazamiento. ....	102
Figura N° 78 lluvias, niveles freáticos.....	105

## ÍNDICE DE ECUACIÓN

Ecuación N° 1 Formula básica para el cálculo de permeabilidad.....	33
Ecuación N° 2 Ensayo a carga constante.....	34
Ecuación N° 3 Ensayo a carga variable.....	35
Ecuación N° 4 Se deduce de la ecuación N°2, si $S/\emptyset < 2$ .....	60
Ecuación N° 5 Se deduce de la ecuación N°2, si $S/\emptyset = 2$ .....	60
Ecuación N° 6 Se deduce de la ecuación N°2, si $S/\emptyset > 2$ .....	60
Ecuación N° 7 Viene de la ecuación N° 3, se puede expresar de la siguiente manera .....	61
Ecuación N° 8 Cálculo de dígitos.....	90

## ÍNDICE DE ANEXO

Anexo A. Matriz de Consistencia .....	110
Anexo B. a) Tamaños estándar de herramientas tuberías de perforación .....	111
Anexo C. b) Tamaños estándar de herramientas tuberías de perforación.....	112
Anexo D. Certificado de calibración medidor de caudal Lefranc.....	113
Anexo E. Certificado de calibración del Sensor torpedo Slope Indicador Dgsi_50332510. El equipo de unidades métricas de Slope Indicator proporciona una precisión del sistema de $\pm 0,25$ mm por lectura, o $\pm 6$ mm acumulados en 50 lecturas, La especificación se derivó empíricamente de una gran cantidad de conjuntos de datos e incluye errores aleatorios y sistemáticos para incrementos de 50 lecturas y una sonda de inclinómetro de 2 pies.....	114
Anexo F. Durante la perforación diamantina e instalación.....	115
Anexo G. Durante los ensayos de permeabilidad Lefranc.....	115
Anexo H. Durante las mediciones inclinométricas y puesta en marcha .....	116
Anexo I. Durante las verificaciones de gabinete .....	116
Anexo J. a) Piezómetro cuerda vibrante y b) Inclinómetro zona inestable N° 1 .....	117
Anexo K. Inclinómetro zona inestable N° 1 .....	118
Anexo L. Inclinómetro zona inestable N° 2 .....	119
Anexo M. Piezómetro de cuerda vibrante de zona inestable N° 2.....	120
Anexo N. Plano de ubicación de la zona inestable N° 1.....	121
Anexo O. Plano de la zona inestable N° 2.....	122

## RESUMEN

El presente trabajo presenta la puesta en marcha de la evaluación de los fenómenos geodinámicos y su evolución durante este periodo, para su continuidad en el tiempo y en base de registros detallados con el propósito de monitorear su condición de estabilidad. Para el desarrollo de la instrumentación geotécnica se centrará en las zonas inestables uno y dos del embalse de la presa Tablachaca, el primero contará con cuatro puntos de monitoreo inclinómetro vertical y un punto de control piezométrico de cuerda vibrante y en la segunda zona dos puntos de monitoreo inclinómetro vertical y dos de control piezométrico de cuerda vibrante, se ejecutaron metodologías y procedimiento de perforación, instalación de tubería inclinométrica y piezométrica de cuerda vibrante, ensayo Lefranc y monitoreo de la puesta en marcha en la etapa inicial que permitirá obtener un conocimiento básico sobre las técnicas empleadas, procesos, análisis e importancia de implementar la instrumentación geotécnica.

La misma se convierte en una valiosa herramienta dentro del control y seguimiento en zonas inestables, Bassett (2012) afirma que “el uso en el sitio, observaciones en tiempo real de los cambios físicos reales y las tasas de cambio pueden dar a los diseñadores la capacidad de mejorar sus evaluaciones teóricas y dar a los contratistas condiciones para que sus procedimientos de construcción permanezcan seguros”.

Asimismo, el presente trabajo servirá a otros profesionales y proyectos en continuar mejorando las técnicas y procedimientos en la evaluación de la instrumentación geotécnica, no es exclusivo a zonas inestables. También puede verse desarrollado en presas, represas, relaveras, edificaciones, proyectos de carreteras, infraestructuras y Minería.

**Palabras Clave:** Instrumentación geotécnica, Inclinómetro vertical, Piezómetro de cuerda vibrante, Ensayo Lefranc.

## ABSTRACT

This work presents the implementation of the evaluation of geodynamic phenomena and its evolution during this period, for its continuity in time and based on detailed records in order to monitor its stability condition. For the development of geotechnical instrumentation, it will focus on unstable zones one and two of the Tablachaca dam reservoir, the first one will have four vertical inclinometer monitoring points and a vibrating wire piezometric control point and in the second zone two points of vertical inclinometer monitoring and two vibrating wire piezometric control, drilling methodologies and procedures, installation of vibrating wire inclinometric and piezometric pipes, Lefranc test and commissioning monitoring in the initial stage that will allow obtaining a basic knowledge about the techniques used, processes, analysis and importance of implementing geotechnical instrumentation.

It becomes a valuable tool within the control and monitoring in unstable areas, Bassett (2012) affirms that “the use in the site, real-time observations of the real physical changes and the rates of change can give designers the ability to improve their theoretical evaluations and give contractors conditions so that their construction procedures remain safe”.

Likewise, this work will serve other professionals and projects in continuing to improve techniques and procedures in the evaluation of geotechnical instrumentation, it is not exclusive to unstable areas. It can also be seen developed in dams, dams, tailings, buildings, highway projects, infrastructures and Mining.

**Keywords:** Geotechnical Instrumentation, Vertical Inclinometer, Vibrating Wire Piezometer, Lefranc Test.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

1. American Psychological Association (s.f.). How do you format a bibliography in APA Style? Recuperado de <http://w.w.w.apastyle.org/learn/faqs/format-bibliography.aspx> [Consulta: 06 de agosto de 2017].
2. Acuña, G. (2016). Instrumentación para producir información geotécnica en proyectos de construcción de túneles viales (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero civil). Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
3. Abramson L. W., Lee T.S., Sharma S., Boyce G. M. (2002). “Slope stability and stabilization methods”. John Wiley & Sons, Inc. New York. pp 712.
4. Bassett, R. (2012). Una guía de Campo instrumentación en geotecnia. Columbia, MD, Estados Unidos de América: Great book princes.
5. Bru, G., Gascón, B., Camacho, A., Prieto, J., Mallorquí, J., Morales, A., y Fernández, J. (2015). Deslizamiento de Leintz Gatzaga: Instrumentación geotécnica y monitorización del movimiento con técnicas terrestres y espaciales. Ingeniería civil, 180, 1-21.
6. Budhu, M. (2011). Soil Mechanics and Foundations. (3rd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
7. Cabrera, R. (2018). Análisis del sistema de monitoreo para el control de estabilidad de la presa de Relaves, U.M. Yauricocha (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
8. Cedergren H.R. (1967) “Seepage, Drainage and Flow Nets”. John Wiley, New York.
9. Cisneros, H. (2019). Instrumentación geotécnica e instrumentación para el diseño de construcción e instalación de piezómetros y pozos de drenaje en la mina Pierina (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas). Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, Huaraz, Perú.
10. Chuquimango J. (2009). Instrumentación geotécnica en la mina Lagunas Norte/Dique Viscachaz – Alto Chicama, distrito de Santiago de Chuco – Departamento de la Libertad. Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/11354>.
11. Comisión Nacional del Agua. CONAGUA. (2012). Manual de mecánica de suelo. Instrumentación y monitoreo del comportamiento de Obras Hidráulicas. México, D.F.: InDesign e Ilustrador CS5.
12. Cornforth D.H., (2005). “Landslides in practice investigation, analysis, and remedial/preventative options in Soils”. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey. pp. 596.
13. Consorcio Instrumentación Tablachaca. CIT.SAI. Sierra Alta Ingenieros S.A.C.
14. Custodio, E. (1983) .- Hidráulica de captaciones de agua subterránea. In: Hidrología Subterránea, pp. 969-981. Custodio, E. y M. R. Llamas (Eds.). Omega, 2 tomos, 2350 pp.
15. Delgadillo, A. (2015). Proceso de monitoreo de estructuras a través de inclinómetro profunda (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho, Perú.
16. Diamond Core Drill Manufacturers Association, Inc., (1991). “DCDMA Technical Manual”.
17. Durham Geo Slope Indicator DGSI (2020). USA. Recuperado de <https://durhamgeo.com/product/digitilt-at-system/>



18. Dunicliff, J. (1988). Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance. Recuperado de [http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/nchrp/nchrp\\_syn\\_89.pdf](http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/nchrp/nchrp_syn_89.pdf)
19. Escalaya, M. y Alva, J. (2011). Instrumentación Geotécnica de la presa Pillones. Recuperado de <https://docplayer.es/79050177-INSTRUMENTACIÓN-GEOTÉCNICA-de-la-presa-pillones.html>
20. Fredlund D. G., Rahardjo H. (1993). “Soil Mechanics for Unsaturated Soils”. Wiley, New York.
21. Gonzales, J. (2011). Proceso de Instrumentación Geotécnica para Túneles construidos en Suelos Blandos. (Trabajo de Grado Título ingeniero civil). Universidad Nacional Autónoma de México.
22. Gómez S. (1992). “Metodologías para la Predicción de Movimientos de Masa Asociados con lluvias en Medios Tropicales” VII Jornadas Geotécnicas. SCI, Bogotá.
23. GEOKON. Manual de Instrucciones Modelo 6400. Carcasa del inclinómetro Glue-Snap. Documento revisión (E,5/06/2018).
24. GEOKON. Manual de Instrucciones Serie Modelo 4500. Piezómetro de Cuerda Vibrante. Documento revisión (V7/13).
25. GEOKON. Manual de Instrucciones Modelo LC-2. Registrador de datos de un solo canal. Documento revisión (GG,1/05/2019).
26. GEOKON. Manual de Instrucciones Modelo 4999-12L/LE(LAB3). Tablero pararrayos. Documento revisión (I,18/09/2017).
27. Hunt, R. E. (2007). Geotechnical Investigation Methods. CRC Press.
28. Hvorslev, M. J. (1949). Time lag in the observation of ground-water levels and pressures US Army Waterways Experiment Station, Rept., 68. Vicksburg, MS.
29. Lambe, T. W. y Whitman, R. V. (1981). Mecánica de Suelos (1ra ed.). Editorial Limusa S. A.
30. Lunne, T., Robertson, P. y Powell, J. (1997). Cone penetration testing in geotechnical practice. Recuperado de, <https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=0UxZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Cone+penetration+testing+in+geotechnical+practice+by&ots=hcoj1Is9tK&sig=fm0JbimJqDPHCVMu3J9GbWyhtUE#v=onepage&q=Cone%20penetration%20testing%20in%20geotechnical%20practice%20by&f=false>
31. Rey, M. (2016). Análisis de la instrumentación y del monitoreo geotécnica en túneles estación e interestación del metro de Santiago (Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil): Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
32. Rea, W. (2017). Implementación del sistema de monitoreo geotécnica integral para evaluar el comportamiento de taludes en la mina Antapaccay región Cusco (Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
33. Suarez, J. (s.f.). Instrumentación y monitoreo. Recuperado de <https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.html>
34. Suarez, J. (s.f.). Investigación de Deslizamientos. Recuperado de <https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.html>
35. Suarez, J. (s.f.). Efecto del agua. Recuperado de <https://www.erosion.com.co/deslizamientos-tomo-i-analisis-geotecnico.html>

36. Terzaghi, K. (1950). “Mechanisms of Landslides”. Engineering geology (Berkeley). Volumem Geological Society of America. Boulder, CO, November, pp 83-123.